

**IMPROVED METHOD FOR MAKING FREQUENCY MODULATED  
HALFTONE**

Patent Number: JP6070144  
Publication date: 1994-03-11  
Inventor(s): BALSER KLAUS; FISCHER JEAN; DELABASTITA PAUL  
Applicant(s):: AGFA GEVAERT NV  
Requested Patent: ☐ JP6070144  
Application Number: JP19930142746 19930520  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H04N1/40 ; H04N1/40  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PURPOSE:** To provide a method for screening continuous color tone images.  
**CONSTITUTION:** A non-processed image pixel is selected according to a random spatial filling two-dimensional curve, a regenerative value  $H(i,j)$  to be used for recording the image pixel on a recording medium 80 is determined from a color tone value  $P(i,j)$  of the non-processed image pixel, an error value  $E(i,j)$  is calculated based on the difference between the color tone value of the non-processed image pixel and the regenerative value, and the error value is added to the color tone value of the non-processed image pixel by a block 70. Next, the color tone value is replaced with the provided total value or the color tone value of each non-processed image pixel to distribute the error value is replaced with the total of the color tone value of the non-recessed image pixel and the part of error so that the error value can be distributed over more than two of the non-processed image pixels. These steps are repeatedly processed until all the image pixels are processed by a counter 8.

---

Data supplied from the esp@cenet database - l2

TOP

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-070144

(43)Date of publication of application : 11.03.1994

(51)Int.Cl.

H04N 1/40  
H04N 1/40

(21)Application number : 05-142746

(71)Applicant : AGFA GEVAERT NV

(22)Date of filing : 20.05.1993

(72)Inventor : BALSER KLAUS

FISCHER JEAN

DELABASTITA PAUL

(30)Priority

Priority number : 93 93201113 Priority date : 16.04.1993 Priority country : EP

92 4216931

22.05.1992

DE

## (54) IMPROVED METHOD FOR MAKING FREQUENCY MODULATED HALFTONE

(57)Abstract:

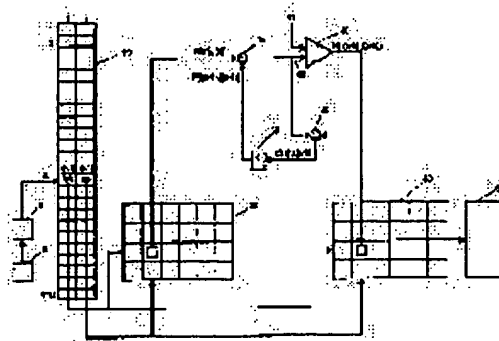
PURPOSE: To provide a method for screening continuous color tone images.

CONSTITUTION: A non-processed image pixel is selected according to a random spatial filling two-dimensional curve, a regenerative value  $H(i,j)$  to be used for recording the image pixel on a recording medium 80 is determined from a color tone value  $P(i,j)$  of the non-processed image pixel, an error value  $E(i,j)$  is calculated based on the difference between the color tone value of the non-processed image pixel and the regenerative value, and the error value is added to the color tone value of the non-processed image pixel by a block 70.

Next, the color tone value is replaced with the provided total value or the color tone value of each non-processed image pixel to distribute the error value is replaced with the total of the

color tone value of the non-recessed image pixel and the part of error so that the error value can be

distributed over more than two of the non-processed image pixels. These steps are repeatedly processed until all the image pixels are processed by a counter 8.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(b)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-70144

(43) 公開日 平成6年(1994)3月11日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 4 N 1/40

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 9068-5C

1 0 3 A 9068-5C

審査請求 未請求 請求項の数10(全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平5-142746

(22) 出願日 平成5年(1993)5月20日

(31) 優先権主張番号 9 3 2 0 1 1 1 3 . 3

(32) 優先日 1993年4月16日

(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(31) 優先権主張番号 P 4 2 1 6 9 3 1 . 3

(32) 優先日 1992年5月22日

(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 591023136

アグファ・ゲヴェルト・ナームロゼ・ベン  
ノートチャップAGFA-GEVAERT NAAMLO  
ZE VENNOOTSCHAPベルギー国モートゼール、セプテストラ  
ート 27

(72) 発明者 クラウス・バルサー

ドイツ連邦共和国デー 6100 ダルムシュ  
タット、マルチンシュトラッセ 85

(74) 代理人 弁理士 安達 光雄 (外1名)

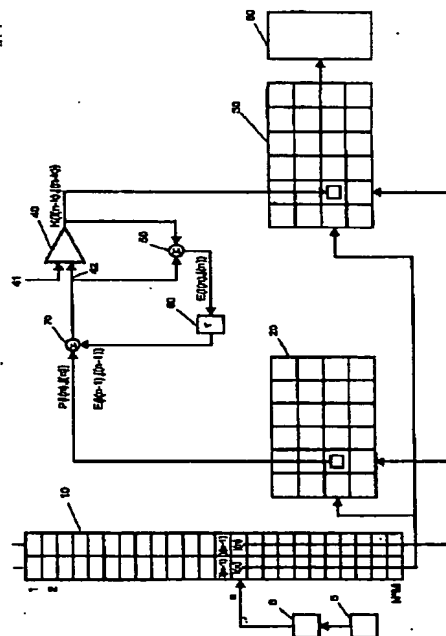
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改良された周波数変調ハーフトーン化法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 連続色調画像をスクリーニングする方法を提供すること。

【構成】 無作為化空間充填二次元曲線にしたがって未処理画像画素を選択し、その未処理画像画素の色調値  $P(i, j)$  から、画像画素を記録媒体 80 に記録するために使用する再生値  $H(i, j)$  を決定し、未処理画像画素の前記色調値と前記再生値との差に基づいて誤差値  $E(i, j)$  を計算し、ブロック 70 により前記誤差値を、未処理画像画素の色調値に加算し、次いで、得られた合計値で前記色調値を置き換えるか、又は、前記誤差値が分配される前記の各未処理画像画素の色調値を、未処理画像画素の色調値と前記誤差の部分との合計で置き換えることによって、前記誤差値を二つ以上の未処理画像画素にわたって分配する。上記ステップを、カウンタ 8 によってすべての画像画素が処理されるまで繰返して、処理する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 連続色調画像をスクリーニングする方法であって、無作為化空間充填二次元曲線にしたがって未処理画像画素を選択し、次いでその未処理画像画素を、以下のように、すなわちその未処理画像画素の色調値から、前記画像画素を記録媒体に記録するために使用する再生値を決定し、

前記未処理画像画素の前記色調値と前記再生値との差に基づいて誤差値を計算し、その結果、前記未処理画像画素は被処理画像画素になり、

前記誤差値を、未処理画像画素の色調値に加算し、次いで、得られた合計値で前記色調値を置き換えるか、あるいは、前記誤差値が分配される前記の各未処理画像画素の色調値を、未処理画像画素の色調値と前記誤差の部分との合計で置き換えることによって、前記誤差値を二つ以上の未処理画像画素にわたって分配し、

上記ステップを、すべての画像画素が処理されるまで繰り返して、処理するステップからなる連続色調画像をスクリーニングする方法。

【請求項2】 前記連続色調画像が未処理画像画素のマトリックスに再分割され、マトリックス内の前記画像画素が、次のマトリックスが処理される前に処理される請求項1記載の方法。

【請求項3】 前記マトリックスが無作為シーケンスで処理される請求項2記載の方法。

【請求項4】 マトリックスの前記再分割は、マトリックスのサイズが画像画素に一致するまで再帰的に起こり、かつ再分割の各レベルにおいてそのレベルのマトリックスを処理する無作為の順序が決定される請求項2記載の方法。

【請求項5】 前記の無作為化空間充填二次元曲線が無作為化空間充填二次元フラクタル曲線である請求項1記載の方法。

【請求項6】 前記の無作為化空間充填二次元フラクタル曲線が、無作為化ヒルバート曲線または無作為化ベアノ曲線である請求項5記載の方法。

【請求項7】 前記再生値の前記決定が、前記未処理画像の画素の色調値を一つ以上のしきい値と比較することによって行われる請求項1～6のいずれか一つに記載の方法。

【請求項8】 計算される前記誤差値が重みつき誤差値である請求項1～7のいずれか一つに記載の方法。

【請求項9】 前記再生値の前記決定が、前記未処理画像の画素の色調値をしきい値と比較することによって行われ、および前記未処理画像の画素の前記色調値と前記再生値の差から計算される誤差が、処理するために選択された次の未処理画像画素の色調値に加算される請求項1～6のいずれか一つに記載の方法。

【請求項10】 誤差が、少なくとも二つの画像画素の色調値と、それらの対応する再生値との差の重みつき平

均値である請求項1～9のいずれか一つに記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、連続色調画像をハーフトーン化する方法に関する。詳しくはこの方法は、周波数変調スクリーニング法の改良法に関する。

【0002】

【従来の技術と発明が解決しようとする課題】再生法の多くは少数の画像色調しか再生できない。例えばオフセット印刷は、2種の色調値すなわちインクをのせるかまたはのせないかしか印刷できない。連続色調を有する画像を再生するためにハーフトーン化法とスクリーニング法が用いられる。

【0003】ハーフトーン化法は、濃度値を、印刷可能な二値ドットの幾何学的分布に変換する。眼は個々のハーフトーンのドットを見ることはできず、対応する“空間的に統合された”濃度値を見るだけである。

【0004】グラフィックアートの分野で使用する、2種の主なクラスのハーフトーン化法が報告されている。

これらの2方法は、“振幅変調スクリーニング法”および“周波数変調スクリーニング法”として知られている。

【0005】振幅変調スクリーニング法によれば、ハーフトーンドットは、特定の色調を表現するが、固定された幾何学的グリッドに配列されている。ハーフトーンのドットのサイズを変えることによって、異なるトーンの画像をシミュレートすることができる。したがってこの方法は“ドットサイズ変調スクリーニング法”とも呼ぶことができる。

【0006】周波数変調スクリーニング法によれば、ハーフトーンドットのサイズではなくて、ハーフトーンドット間の距離が変調される。この方法は、低解像度のブレン紙プリンターの分野でよく知られているが、オフセット印刷などの高エンド印刷法については大きく注目されなかった。恐らくそれは以下に考察する欠点が原因であろう。

【0007】両方のクラスのハーフトーン化法は、デジタルフィルムレコーダと組合わせて用いられる。代表的なデジタルフィルムレコーダは、高分解能で感光材料を感光させる走査レーザービームで構成されている。レーザービームをONまたはOFFに切換えることができる“グリッド”が解像度を決定し、このグリッドは通常ピッチが1/1800インチである。感光材料は写真フィルムでもよく、後にこの写真フィルムから印刷プレートが写真製版法で作製される。レコーダ上の最小のアドレス可能な単位は、“マイクロドット”、“レコーダエレメント”または“レル(ℓ)”と呼ばれることが多い。

【0008】これら2種のクラスのハーフトーン化法には、各々いくつかの変形があるが、これを概略説明して

その利点と欠点を考察する。連続色調画像を忠実に再生するスクリーニング法またはハーフトーン化法の最も重要な特性は次の通りである。

1) レンダリング特性：より具体的に述べると、色調の全範囲を表現する性能のみならず、モアレ、テクスチャおよびノイズのようなアーティファクトを導入することなく、元の画像内容の空間の詳細を表現する性能。

2) アルゴリズムで生成されるハーフトーンドットの写真製版特性：この特性は、印刷プレートを写真製版法で製造する異なるステップで、ハーフトーンドットが、いかに一様に、記録され、転記されまたは複製されるかを決定する。

3) オフセット印刷機でのハーフトーンの挙動。

4) この方法で達成できる速度性能。

【0009】振幅変調スクリーニング法は、その主な利点として、画像を電子的にスクリーニングする高速アルゴリズムとして容易に実行することができ、かつ写真製版再生特性に優れている。しかし振幅変調スクリーニング法の重大な欠点は、ハーフトーン化された画像内に望ましくないパターンが生じるということである。その原因によって、これらのパターンは、原モアレ、カラーモアレおよび内部モアレと呼ばれている。

【0010】原モアレは、元の素材内の周期的要素とハーフトーンスクリーン自体との間の幾何学的相互作用が原因である。この問題を容易に理解するには、フーリエ変換を利用するのが便利である。一つの分析が *Journal of the Optical Society of America*, 65巻6号, 716~720頁, 1975年のD. KermischおよびP. G. Roetlingの論文“Fourier Spectrum of Halftone Images”に行われている。

【0011】原モアレを減少させる解決法は、例えば米国特許第5130821号、ヨーロッパ特許第369302号および同第488324号に開示されている。しかしこれらの解決法が上記の問題を完全に解決するわけではない。

【0012】カラーモアレは、画像の異なる色分解のハーフトーン間の干渉が原因である。この問題を軽減するために、異なるカラー分解に対して、互いに60°シフトさせたスクリーン角を使用することが提案されている。このような角度またはそれに近い角度でスクリーンをつくる問題についていくつかのことが開示されている（例えば、米国特許第4419690号、同第4350996号、同第4924301号および同第5155599号参照）。またカラーモアレの問題を克服するために、異なる色分解に対して、ハーフトーンドットパターンの角度、周波数または相対位相の他の組合わせを用いることも発表されている（例えば米国特許第4443060号、同第4537470号、およびヨーロッパ特許

第501126号参照）。

【0013】内部モアレは、ハーフトーンが生成されるアドレス可能なグリッドによる幾何学的相互作用が原因のパターンである。内部モアレを減少させる方法は通常、周波数、およびモアレが表現されるハーフトーンスクリーンとアドレス可能なグリッド間の角度関係の結果として、周期的に最大になる位相誤差を消失させるかまたは“スミア”するランダムエレメントを導入することに基づいている。このような方法の例は、米国特許第4456924号、同第4499489号、同第4700235号、同第4918622号、同第5150428号および国際特許願公開第W0 90/04898号に開示されている。

【0014】ドットサイズ変調スクリーニング法の変形はどれも、モアレの問題を完全に解消できないので、ドット変調スクリーニング法は、さらにこの問題を軽減するよう提案されている。

【0015】各種のドット周波数変調スクリーニング法がすでに開示されているが、下記のサブクラスに分類することができる。

1) 二点間しきい値化に基づいた方法。

2) 行から行、列から列への走査（および変形）による誤差の拡散。

3) ヒルバートの走査（および変形）による誤差の伝播。

4) 特殊な方法。

【0016】特殊な方法は西独特許第2931092号に開示され、さらに米国特許第4485397号にも記載されている。

【0017】最も代表的な二点間しきい値化法は、“Bayer”のディザマトリックス（Bayer, B. E., “An optimum method for two level rendition of continuous-tone pictures”, *Proc. IEEE International Conference on Communications, Conference Record*, 26-11頁, 26-15頁, 1973年）によるハーフトーン化法である。このBayerディザマトリックスは、2の累乗のサイズを有し、濃度の増大するレベルに対してしきい値化されると、すべてのハーフトーンドットは、低濃度レベルを表現するのに使用されるハーフトーンから“できるだけ離れさせる”ような方式で配列されたしきい値をもっている。ディザマトリックス内のしきい値の順序についての変化がいくつもあり、“Lippeland Kurland”ディザマトリックスおよび“Jarvis”ディザマトリックスという名称で知られている（Stoffels, J. C., Moreland J. F., “A survey of Electronic Techniques for

Pictorial Reproduction",  
IEEE Transactions on Com-  
munications, COM-29巻、12号、  
1981年12月、1898~1925頁)。

【0018】他の二点間しきい値化法は、Bayerデ  
ィザマトリックスの代わりに“Blue Noise  
Mask”を用いる。これは米国特許第5111310  
号に記載されている。このBlue Noise Ma-  
skは、しきい値マトリックスのフーリエ変換時に(次  
のしきい値“閾”に対して)反復して行われる最適化 10  
(フィルタリング)によって得られる。

【0019】Bayerディザマトリックスがつくるハ-  
ーフトーンのドットパターンは、“テクスチャ”として  
目視できる強い周期的な成分を含有し、その対応するパ  
ワースペクトルは明らかに“先端がとがっている”。これ  
もドットサイズ変調アルゴリズムに類似のモアレの問題  
を起こす可能性がある。しかし、ドットサイズ変調法  
に比べて、周期的ディザ成分のエネルギーは異なる調波  
にわたってはるかに均一に“広がり”かつ該成分のほと  
んどが比較的高い周波数を有するので、生成するエイリ 20  
アシングは、外乱性をはるかに小さい。

【0020】“Blue Noise Mask”しき  
い値マトリックスはハーフトンドットを分布させ、そ  
のドットの二次元パワースペクトルが“先端がとがっ  
て”おらず“連続的”である。それ故にこの方法は、ド  
ットサイズ変調法またはBayerディザマトリックス  
の場合に起こる周期的なエイリアシングの問題はない。

【0021】Blue Noise Mask法のパワ-  
ースペクトルの連続キャラクターは、少なくともいくら  
かのエネルギーがスペクトルの非常に低い周波数バンド 30  
中にも存在していることをすでに示唆している。低い-  
可視の一周波数にこのエネルギーが存在するというこ  
とは、この方法で表現される淡彩が粒状に見える理由で  
ある。“粒状性”と周波数スペクトルの形との関係は、  
Ulrichney Robertが詳しく考察してい  
る(Ulrichney Robert, “Digit  
al Halftoning”, MIT Press  
Cambridge Massachusetts,  
1987年, ISBN 0-262-21009-  
6)。

【0022】Bayerディザマトリックスのハーフト-  
ーンは、オフセット印刷機ではそれほど満足すべき挙動  
を示さない。その階調曲線は“凹凸があり”、かつ該印  
刷機が、特にハーフトンドットが接続しはじめる色調  
範囲で作動される方式に強く依存している。この問題は、  
極端に高いルーリングを有するドットサイズ変調ハ-  
ーフトーンと同じである。

【0023】“Blue Noise Mask”ハ-  
ーフトーンははるかに優れた挙動を行なう。ハーフト-  
ンドットが接続する範囲は、色調スケール全体にわたって 50

広がり、プレスゲインは高いけれども安定で制御し易  
い。“Blue NoiseMask”法を、同時に、  
スクリーンルーリングの連続範囲を用いる方法として見  
れば、上記のことを理解する助けになる。

【0024】二点間しきい値化法はすべて、一旦しきい  
値マトリックスが計算されたならば、実際のハーフト-  
ーン化のプロセスが速く、すなわちドットサイズ変調法の  
最も速い形態と同じ程度に速いという利点をもってい  
る。しかし、二点間しきい値化法には、より高い濃度値  
のハーフトンドットの分布は、低濃度値の分布の“ト  
ップに”作らねばならないという制限がある。このこと  
から、ハーフトンドット分布を各々個々の濃度レベル  
において最適化することが不可能になる。

【0025】全“ドット周波数変調”法で最もよく知ら  
れているのは恐らく誤差拡散アルゴリズムである。画像  
が、行から行へ、列から列へと処理され、レンダリング  
中での画像データの二値化(またはより一般的な状況下  
での量子化)の結果として起こる誤差は、一つ以上の未  
処理の画素に“拡散される”。この誤差がどのように拡  
散されるかによって(いくつの画素にどのように重みづ  
けをして)、通常その発明者の名前をつけたいくつもの  
アルゴリズムを区別することができる。最もよく知られ  
ているのは、フロイドとスタインバーグのアルゴリズム  
(Floyd, R. W. and L. Steinb-  
erg, “An adaptive algorithm  
for spatial greyscale”,  
Proc. SID, 17/2巻、75~77頁)  
であるが、その外に、ジャービス、ジュディスおよびニ  
ンクのフィルタ(Jarvis, J. F., C.  
N. Judice, and W. H. Nink-  
e, 1976年, “A new technique  
for displaying continuous  
tone pictures on bilevel  
displays”, IEEE Tran. on  
Commun., COM-24巻、891-898  
頁); スタッキーのフィルタ(Stucki, P.,  
1979年, “MECCA, - a multiple  
error correcting computa-  
tion algorithm for bilevel  
hardcopy reproduction”,  
Research Report RZ1060, I  
BM Research Laboratory, Zu-  
rich, Switzerland); およびスチ-  
ーブンソンとアース(Stevenson, R. L.  
and G. R. Arce, 1985年, “Bi-  
nary Display of hexagonal-  
ly sampled continuous ton-  
e images”, J. Opt. Soc. A  
m., 2巻、7号、1009~1013頁)も挙げな  
ければならない。

【0026】上記の基本的誤差拡散アルゴリズムには多くの変形がある。簡単な変形は、“ジグザグ”シーケンスによって画素を処理することで構成されている。すなわち誤差拡散の方向は、“偶数”の行の左から右へおよび“奇数”行の右から左へ（またはその逆）の方向である。Ulrichney (Ulrichney Robert, “Digital Halftoning”, MIT Press Cambridge Massachusetts, 1987年, ISBN0-262-21009-6) は、約50%の淡彩のレベルで起こる“虫状”テクスチャを減らす方法として、ランダム摂動ウェイト (random perturbed weight) を組合わせた誤差拡散法の利用を発表している。本願発明に関連する重要な一つの変形は、ランダムに選択された一つのウェイトを有する誤差の拡散である。この変形では、誤差は、全く一つの未処理の画素にだけ分配され、この画素は処理される画素の近傍でランダムに選択される。

【0027】ウェイトを摂動させる代わりに、画素値が2値化のために比較されるしきい値を摂動させることもできる。また虫状作用を減らす他の方法が米国特許第5130823号および同第5150429号に開示されている。

【0028】米国特許第5130819号において、拡散される誤差は、一つだけの画素の位置における局部的誤差の代わりに、すでに処理された画素の小領域について平均された誤差である。

【0029】誤差拡散法は、元の画像内容とハーフトーン間の局部的誤差と全体的な誤差の両方を最小にするように設計されているので、しきい値化に基づいた周波数変調法と比較した場合、より優れたレンダリング特性をもっている。細部の表現に優れており、淡彩でみえる粒子は小さい。しかし場合によって、“エッジエンハンスメント”の形態が導入されこれは必ずしも望ましくない。

【0030】標準の誤差拡散法の印刷特性はそれほど望ましいものではない。これは、全ドット外周対フロイドとスタインバーグアルゴリズムについての積分ドット面積間の関係によって説明することができる。低濃度では、個々のハーフトーンドットは接続しておらず、ドットの外周は、ドットの数と積分ドット面積に比例して増大する。所定の淡彩において、ハーフトーンドットが接続を開始し、そして全ドット外周は、積分ドット面積よりも増大の程度が少ない。しかし約50%では、該アルゴリズムは、外周が積分ドット面積に対して非常に高いチェッカーボード状パターンを生成する。50%以上では、同じ挙動が対称的に反復される。この発明の発明者らは、50%未満から約50%以上まで順序付けられたハーフトーンドットの分配の転移によってプレスゲインが不規則になり、その不規則性は、プレスセッティング

によって大きく影響を受けて階調と中性バランスが不安定になることを見出したのである。この状態は、上記の傾向を抑制して約50%の淡彩レベルでテクスチャを生成する、標準の誤差拡散アルゴリズムの変形に対しては上記の点について優れている。

【0031】誤差拡散方法のクラスでは誤差の計算し拡散する必要があるので、上記の方法に基づいたドットサイズ変調法と二点間しきい値化法より本質的に遅い。より大きなウェイトによる誤差拡散法は、ウェイトが小さい誤差拡散法より遅い。

【0032】上記誤差拡散アルゴリズムはすべて、画素を処理する順序が直線式である点が共通しており、すなわち左から右へまたはその逆および頂部から底部へまたはその逆の処理順序である。WittenとNealは彼等の文献 (Witten H., and Radford M. Neal, “Using Peano Curves for Bilevel Display of Continuous-Tone Images”, IEEE CG&A, 1982年5月, 47~52頁) で別の方法を採用している。彼等の発明の課題は、画素の処理の順序自体を変更することであった。すなわち彼等の方法では、誤差は、常に、前の画素から、次の画素へ一つの順序で伝播されて、“ペアノ曲線 (Peano Curve)” という名称で知られている経路を通る。“Digital Halftoning with Space Filling Curves”, Luiz Velho, Jonas de Miranda Gomes, ACM Computer Graphics, 25巻, 4号, 1991年に示唆されているように、例えば図1に示す“ヒルバート曲線 (Hilbert Curve)” のような他の曲線も使用することができる。これらの曲線はすべて、“空間充填確定フラクタル曲線” であるという特性をもっている。

【0033】ヒルバートとペアノの走査法のレンダリング特性は、フロイドとスタインバーグのアルゴリズムのそれに匹敵するが、達成できる速度は、最も速い誤差拡散アルゴリズム (1ウェイトを有する誤差拡散アルゴリズム) より速い。というのは、次の順序の画素の値によって伝播された誤差の合計を記憶する必要がないからである。代わりに、この合計はハーフトーン値を決定するのに直ちに使用することができ、その後で新しい誤差が計算される。この達成可能な高速度によって、誤差伝搬アルゴリズムは、高解像度の画像を処理するのに非常に魅力的なものになる。

【0034】残念ながら、ヒルバートとペアノの走査法は、所定の積分ドット面積において強いパターンとテクスチャを生成する傾向があるという点で、フロイドとスタインバーグのアルゴリズムと同じ問題をもっている。図2に示すように、これらのテクスチャが出現すると、



ドット外周を色調スケールにそって不規則に変化させ、かつこれらの淡彩がオフセット印刷機で印刷されるときに階調と中性バランスに不規則性を起こさせる。

【0035】

【課題を解決するための手段】この発明の目的は、周波数変調スクリーニング法を用いて連続色調画像をスクリーニングする方法の改良法を提供することである。

【0036】この発明の別の目的は以下の説明から明らかになるであろう。

【0037】この発明によれば、連続色調画像をスクリーニングする方法であって；無作為化空間充填二次元曲線にしたがって未処理画像画素を選択し、次いでその未処理画像画素を、以下のように、すなわちその未処理画像画素の色調値から、前記画像画素を記録媒体、例えば写真フィルムまたは表示器に記録するために使用する再生値を決定し、前記未処理画像画素の前記色調値と前記再生値との差に基づいて誤差値を計算し、その結果、前記未処理画像画素は被処理画像画素になり、前記誤差値を、未処理画像画素の色調値に加算し、次いで、得られた合計値で前記色調値を置き換えるか、あるいは、前記誤差値が分配される前記の各未処理画像画素の色調値を、未処理画像画素の色調値と前記誤差の部分との合計で置き換えることによって、前記誤差値を二つ以上の未処理画像画素にわたって分配し、上記ステップを、すべての画像画素が処理されるまで繰返して、処理するステップからなる連続色調画像をスクリーニングする方法が提供される。

【0038】本発明は例示で説明するが以下の図でこの発明を限定するものではない。

【0039】この発明による方法にしたがって、連続色調画像の画素は、無作為化空間充填二次元曲線に記載の順序でハーフトーン化される。この順序での画素のハーフトーン化は、連続色調画素値に最も近いハーフトーン値を決定し、連続色調画素値とハーフトーン値との差を計算し、次いで、その誤差の少なくとも一部を、次の順序の一つ以上の画素に加えることによって達成される。

【0040】誤差を拡散もしくは伝播させると、そのアルゴリズムに、公知の誤差の拡散もしくは伝播のアルゴリズムに匹敵するレンダリング特性を与える。画素処理の経路の種類が無作為化されると、ハーフトーンの印刷適性を悪化させるパターンとテクスチャの発生が回避される。誤差が、ハーフトーン化の順序で次の画素にのみ伝播される場合、ピアノ走査にそった誤差伝播に等しい性能を達成することができる。

【0041】“無作為化空間充填二次元曲線”という用語は、すべての画像画素を接続する二次元曲線を意味し、この曲線は原則として確定的であるがこの曲線の確定的キャラクターは、多数の点で曲線を無作為化することによって細分される。特に有利な無作為化空間充填二次元曲線は、無作為化空間充填確定フラクタル曲線であ

る。

【0042】無作為化空間充填二次元曲線はいくつもの方法で得ることができる。例えば、画像画素は、新しい未処理の画素を選択する必要がある場合毎に、無作為に各画素を選択することによって処理される。

【0043】別の方法によれば、画像は、未処理画像の画素のいくつかのマトリックスに分割される。次にマトリックス内の各画像画素は、すべてが選択されるまで無作為に選択することによって処理される。一つのマトリックスが処理されると次のマトリックスが処理され、これはすべてのマトリックスが処理されてしまうまで行われる。マトリックスが処理される順序は、やはり無作為であるか、または特定の順序、例えば左から右へおよび頂部から底部へという順序である。

【0044】上記の方法の別の変形は、マトリックスのサイズが画素に一致するまで、画像をサブマトリックスに再帰的に再分割する方法である。各再分割において、マトリックスが処理される順序は無作為に決定することができる。

【0045】さらに別の方法によれば、画素を選択する順序は、二次元空間充填確定フラクタル曲線、例えばヒルバート曲線またはベアノ曲線に記載されており、その確定構造を細分するため所定の点で無作為化される。

【0046】

【実施例】この発明を図面を参照して下記の実施例によって説明するがこの発明を限定するものではない。

【0047】図4は二値記録装置と組合わせて新しいハーフトーン化法を実施する回路を示す。まずこの回路の異なるビルディングブロックを説明し、次のその作動を説明する。

【0048】ブロック20は、画像の連続色調画素値を有するメモリブロックである。一般にこれらの値は8ビット値でありN行×M列で構成されている。ブロック30はブロック20と同じレイアウトを有するメモリブロックであり、このブロックの中には、ハーフトーン化された画素値が記憶されている。二値記録装置の場合、すべてのハーフトーン化された画素語は1ビットの長さをもっている。ブロック80は、基板に、ブロック30の情報を記録できる装置である。ブロック70は、画素値P(1, j)および遅延レジスタ60の出力における誤差Eの合計を計算できる演算装置である。連続色調画素値のハーフトーン化画素値への変換はブロック40で行われる。この変換は、しきい値化作用に基づいている。すなわち、点(1, j)における連続色調値が128の値より小さい場合は、“0”値がハーフトーンメモリに記憶され、そうでなければ、“1”の値が記憶される。ブロック50には、点42における連続色調値すなわちもとの連続色調値と誤差の合計、およびハーフトーン化画素値の間の誤差を計算し、それを遅延レジスタ60に記憶させることができる演算装置が入っている。ブロッ

ク8は、画像の $N \times M$ 画素の処理の順序付けを行うカウンタである。ブロック10は、 $N \times M$ エントリ（画像画素毎の一つ）と、画像内の一つの画素位置と一致する行と列のアドレスの独特の組合わせとを有するLUTである。このようなテーブルを計算する二つの方法は、後で説明する。ブロック5はクロックである。

【0049】このダイアグラムの作動を説明する。クロックパルス毎に、カウンタ8が増加され、座標の新しい対 $(i(n), j(n))$ がブロック10から得られる。これらの座標は画素メモリ20に対してアドレス値として使用され、連続色調画素値 $P(i(n), j(n))$ が得られる。この画素値は、直ちに誤差 $E(i(n-1), j(n-1))$ に加算されるが、この画素値は、先にハーフストーン化ステップを経た後レジスタ60に記憶されていたものであり、両者の合計値がブロック40内でしきい値41と比較される。しきい値化作動を行った結果、位置 $(i(n), j(n))$ におけるハーフストーン画素メモリに書込まれる値 $H(i(n), j(n))$ が決定される。同時に、新しい誤差 $E(i(n), j(n))$ が、 $P(i(n), j(n))$ と $H(i(n), j(n))$ の差から計算され、次いで遅延レジスタ60に記憶される。その回路はカウンタ8を1に、誤差を128に設定することによって初期設定され、カウンタが $N \times M$ のレベルに到達したときに作動は停止される。その後ハーフストーンメモリ30は、行から行へ、列から列へと読出され、その内容は、レコーダ80によって基板上に記録される。

【0050】図4の回路は大量のメモリを必要とする。すなわち、全連続色調画像、全ハーフストーン化画像、および画素処理の順序を制御するためのアドレス値のシーケンスが入っている $N \times M$ エントリを有するLUTを入れるのに十分なメモリが必要である。それ故、小さなメモリしか必要でない別の方法が開示されている。一つずつ処理され記録されるバンドに画像を再分割することによって、メモリの必要量を少なくすることができる。図5は4ラインを有するバンドの場合のダイアグラムを示す。

【0051】図5の回路は、図4の回路を拡張したものである。しかし図5の回路には、画素メモリブロック20とハーフストーンメモリブロック30は4ラインの画像データしか入っていない。したがってLUT10には4 $\times$ Mデータエントリに対する座標対しか入っていない。したがって、LUT10は4 $\times$ Mデータエントリに対する座標対しか入っていない。画素カウンタ8とLUT10のアドレッシングとの間にモジュロ4 $\times$ M演算装置9が配置されている。ブロック11は、画像データを、大容量記憶装置12、例えばハードディスクから画素メモリ20へ移動させる。またブロック11は、演算装置9の出力がゼロに等しいときに信号を送る検出器13を備えている。

【0052】図5の回路の作動は次のとおりである。演算装置9の出力がゼロの場合、ブロック11は、4ラインの画像データを大容量記憶装置12から画素メモリ20に移動させる。次に、これらの4 $\times$ M画素は、この発明の方法にしたがってハーフストーン化される。4 $\times$ Mクロックパルスの後、新しいセットの4ラインの画像画素は、大容量記憶装置12から画素メモリ30に移動させる。メモリ30に入っている4 $\times$ Mハーフストーン化画素も記録装置(80)によって基板上に記録される。

10 【0053】図4のブロック10の内容を得るために二つ方法が提供される。

【0054】第1の方法はヒルバート経路の無作為化に基づいた方法である。ヒルバート経路は二次元の“フラクタル”曲線であり、再帰的プログラムによって得ることができる。図1は、 $32 \times 32$ 点のヒルバート経路を生成するプロセスのいくつかの再帰を示す。末尾に記載の表1に、このような経路を得るため使用することができるCプログラムの一部を示す。この経路の無作為化は直線式である。すなわちこの経路は点から点へと進み、経路のあらゆる点で、電流を入れ替えて次の点に進むか否かが無作為に決定される。この無作為化のプロセスは1回以上何回も実施することができる。図6は無作為化を行った後のヒルバート曲線を示す。図7は、2回無作為化を行ったヒルバート走査から得られる全外周対積分ドット面積のグラフを示す。図2と比べて図7のグラフは非常に滑らかであり、約50%淡影のレベルでピークがない。図8は、テクスチャもしくはバターニングが色調スケールにそって全く起こっていないことを示している。

30 【0055】第2の方法では、矩形マトリックスは、再帰的により小さなサブマトリックスに再分割される。すべての再分割において、無作為入れ替えの順序の番号がすべてのサブマトリックスに割当てられる。このプロセスは、再分割が個々のマトリックス要素のレベルになったときに停止される。一例を図9に示す。図9では、 $32 \times 32$ マトリックスが、 $16 \times 16$ 要素を有する $2 \times 2$ マトリックスに再帰的に再分割され、その後、すべてのサブマトリックスは、再び $8 \times 8$ 要素の $2 \times 2$ サブマトリックスに再分割される。次に、これらのマトリックスのどれもすべてが再び $2 \times 2$ の個々のマトリックス要素に再分割される。末尾に記載の表2はこのプロセスを実施するCプログラムを示し、一方図9は、そのプログラムで得られる経路を示す。図10に示す、この方法による全ドット外周対積分面積のグラフは非常に滑らかであり、明らかなテクスチャは全く現われていない。試験の結果、ハーフストーンが上記の特質を示し、印刷が広範囲の印刷機のパラメータ内で非常に安定していることが確認された。印刷工は、中性バランスと階調が安定しており、階調は著しく滑らかになったと報告していた。

50 特定の色調レベルにおいて色調のジャンプは全くなくか

つ優れたシャドウ細部が容易に達成された。モアレは全くなく、かつ細部の表現はドットサイズ変調法よりはるかに優れていた。

【0056】経路を得る上記の方法は、正方形の画像もしくは画像の部分のマトリックスを作るよう、絶対的に構成されている。実際の状態はほとんどこのような状態ではない。この問題を調節するのに次の三つの解決法が利用できる。第1の解決法では、元の連続色調画像は、それが正方形になるまでその最長の辺にそってゼロ値で“パッド”される。第2の方法では、経路は矩形画像の最長辺の大きさで計算される。画像画素位置に一致しない経路の点は、その経路を通過するときに単に飛越すだけである。第3の解決法では、画像は、例えば $16 \times 16$ 要素のような正方形の部分に分割される。無作為化経路は、上記の方法のうちの一つを用いて、これらの正方形の部分の一つについて得られる。その後、その経路が接続される。この方法は、画像の寸法が、正方形部分の寸法の倍数であることをやはり必要とするが、これらの正方形は比較的小さい（本願の実施例では $16 \times 16$ ）ので、上記のことは実際に制限をもたらさない。

【0057】本願で提供された態様に多くの変形が存在することは明らかである。一つの変形では、二つではなくて多数のレベルを記録する装置を使用できる（例えば熱昇華印刷機、スライドレコーダ、電子写真印刷機などのような装置）。図4に示すしきい値化作動は、次に多数のしきい値でしきい値化することで置換えられる。ハーフトーン値は、連続色調画素値が、どの二つのしきい値の間に存在しているかによって決まる。性能と適応性のために、アドレス値が誤差と画素値の合計に一致し、一方内容が対応するハーフトーン値を含有しているLUTによって、ブロック40内でしきい値化作動を行うことが最もよい。

【0058】他の変形では、連続色調画素とハーフトーン化画素値の差から得られる誤差は、処理の順序で次の画素にのみ伝播される代わりに、一つ以上の未処理の画素に拡散される。

【0059】さらに他の変形は、図4の誤差Eが、現行画素P( $i(n)$ ,  $j(n)$ )と、現行画素のハーフトーン化された値のH( $i(n)$ ,  $j(n)$ )との差からは得られないが、一つ以上の処理された画素の誤差からの重みつき平均値として得られるときに得られる。これを実施する回路は図11に開示してある。

【0060】図11は、図4の回路のより精巧な変形を示す。その違いは、未処理画素がk回遅延されるkシフトレジスタ43の第1セット、連続色調値とハーフトーン化値間の差が1回遅延される1シフトレジスタ63の第2セット、およびハーフトーンメモリ30をアドレスする座標値がk回遅延されるKシフトレジスタ33の第3セットが追加されていることである。さらに、シフトレジスタ63の出力由来の重みつき平均値のE(

$(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )が得られ、この平均値をkシフトレジスタ43の出力に分配する演算装置65が備えられている。

【0061】クロック5のサイクル毎に、シフトレジスタ33、43および63のデータは1位置だけシフトされ、カウンタ8は1だけ増加される。これは、この発明の発明者らが“ハーフトーン化”、“誤差合成”および“誤差分配”と呼ぶ三つの全体的操作で行われる。

【0062】ハーフトーン化をまず説明する。カウンタ8の新しい値がメモリブロック10の座標対 $i(n)$ ,  $j(n)$ をアドレスし、次に画素メモリ20の画素P( $i(n)$ ,  $j(n)$ )をアドレスする。後者の値は、シフトレジスタ33の入力に利用される。同じシフトレジスタ33の出力には、その時、k回遅延された画素値P( $i(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )に基づいた（ただしこの画素値に必ずしも等しくない）値Q( $i(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )がある。この値Q( $i(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )はしきい値41と比較され、この比較に基づいて、ハーフトーン値H( $i(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )が決定されて、ハーフトーンメモリ30のアドレス( $i(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )でセル31に書込まれる。後者のアドレスは、メモリブロック10から来るアドレス値を、シフトレジスタ33によってk回遅らせることによって得られる。

【0063】次に“誤差合成”部分を説明する。値Q( $i(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )とH( $i(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )の差d( $i(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )は、演算装置50によって計算され、シフトレジスタ63の入力に加えられる。シフトレジスタ63の1のセルのそれぞれの出力には、差の値d( $i(n-k-1)$ ,  $j(n-k-1)$ ), d( $i(n-k-2)$ ,  $j(n-k-2)$ )... d( $i(n-k-1)$ ,  $j(n-k-1)$ )が与えられる。これらの1の値から、掛け算器w(1), w(2)... w(1)と演算装置65とによって、誤差値E( $i(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )が合成される。この誤差値E( $i(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )は、先にハーフトーン化された1の画素の領域にわたって量子化を行った結果として導入された誤差の重みづけ平均値を示す。

【0064】最後のステップは、誤差E( $i(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )を未処理画素値に分配することで構成されている。これは、まず、誤差E( $i(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )に重みv(1), v(2)... v(k)を掛け算し、次に掛け算して得た値を、シフトレジスタ43のセルのkのそれぞれの出力に加算することによって行われる。このように、誤差E( $i(n-k)$ ,  $j(n-k)$ )は、シフトレジスタ43のkの値の領域にわたって拡散される。

【0065】図11の回路は、図5に記載したのと類似の方法で、バンドの画像を処理するように変形すること

ができる。

【0066】上記ハーフトーン化法は、ハードウェアまたはソフトウェアで実施できることは当業者にとって明

らかであろう。

【0067】

【表1】

表 1 (その / )

```
typedef struct {
    int i;
    int j;
} Index;

typedef struct {
    Index pt1;
    Index pt2;
    Index pt3;
    Index pt4;
} Hilbert_Elem;

typedef struct {
    char type [80];          /* type description */
    char descr [80];        /* variable description */
    int nr;                  /* number of rows */
    int nc;                  /* number of columns */
    int min;                 /* min value range */
    int max;                 /* max value range */
    int **elem;              /* elements of matrix */
} Itile;

store_hilbert_elem(it,p)
    Itile *it;
    Hilbert_Elem *p;
{
    static int n=0;
    it->elem[n][0] = p->pt1.i; it->elem[n][1] = p->pt1.j; n++;
    it->elem[n][0] = p->pt2.i; it->elem[n][1] = p->pt2.j; n++;
    it->elem[n][0] = p->pt3.i; it->elem[n][1] = p->pt3.j; n++;
    it->elem[n][0] = p->pt4.i; it->elem[n][1] = p->pt4.j; n++;
}
```

【表2】

表 1 (その 2)

```

/** Initiation for Recursive Calculation of Hilbert Scan */
hilbert_initiation(size,p)
{
    int size; Hilbert_Elem *p;
    {
        p->pt1.i = 1*size/4; p->pt1.j = 1*size/4;
        p->pt2.i = 1*size/4; p->pt2.j = 3*size/4;
        p->pt3.i = 3*size/4; p->pt3.j = 3*size/4;
        p->pt4.i = 3*size/4; p->pt4.j = 1*size/4;
    }

    /** Recursive Module to Calculate Hilbert Scan */
    hilbert_propagation(it,p)
    {
        Itile *it;
        Hilbert_Elem *p;
        {
            int i1,j1,i2,j2,i4,j4,l,li,lj,si,sj,orientation,length;
            Hilbert_Elem p1,p2,p3,p4;

            i1 = p->pt1.i;
            j1 = p->pt1.j;
            i2 = p->pt2.i;
            j2 = p->pt2.j;
            i4 = p->pt4.i;
            j4 = p->pt4.j;

            li = (i4 - i1)/2.0;
            lj = (j4 - j1)/2.0;

            orientation = (i4-i1)*(j2-j1) - (j4-j1)*(i2-i1);
            l = (int)sqrt((double) li*li + lj*lj);
        }
    }
}

```

【表3】

表 1 (その 3)

```

if(orientation < 0)
{
    p1.pt1.i = p->pt1.i;          p1.pt1.j = p->pt1.j;
    p1.pt1.i -= (li+lj)/2.0;      p1.pt1.j -= (li+lj)/2.0;
    p1.pt2.i = p1.pt1.i+li;      p1.pt2.j = p1.pt1.j+lj;
    p1.pt3.i = p1.pt2.i+lj;      p1.pt3.j = p1.pt2.j-li;
    p1.pt4.i = p1.pt3.i-li;      p1.pt4.j = p1.pt3.j-lj;

    p2.pt1.i = p1.pt4.i+lj;      p2.pt1.j = p1.pt4.j-li;
    p2.pt2.i = p2.pt1.i+lj;      p2.pt2.j = p2.pt1.j-li;
    p2.pt3.i = p2.pt2.i+li;      p2.pt3.j = p2.pt2.j+lj;
    p2.pt4.i = p2.pt3.i-lj;      p2.pt4.j = p2.pt3.j+li;

    p3.pt1.i = p2.pt4.i+li;      p3.pt1.j = p2.pt4.j+lj;
    p3.pt2.i = p3.pt1.i+lj;      p3.pt2.j = p3.pt1.j-li;
    p3.pt3.i = p3.pt2.i+li;      p3.pt3.j = p3.pt2.j+lj;
    p3.pt4.i = p3.pt3.i-lj;      p3.pt4.j = p3.pt3.j+li;

    p4.pt1.i = p3.pt4.i-lj;      p4.pt1.j = p3.pt4.j+li;
    p4.pt2.i = p4.pt1.i-li;      p4.pt2.j = p4.pt1.j-lj;
    p4.pt3.i = p4.pt2.i-lj;      p4.pt3.j = p4.pt2.j+li;
    p4.pt4.i = p4.pt3.i+li;      p4.pt4.j = p4.pt3.j+lj;
}
else
{
    p1.pt1.i = p->pt1.i;          p1.pt1.j = p->pt1.j;
    p1.pt1.i -= (li+lj)/2.0;      p1.pt1.j -= (li+lj)/2.0;
    p1.pt2.i = p1.pt1.i+li;      p1.pt2.j = p1.pt1.j+lj;
    p1.pt3.i = p1.pt2.i-lj;      p1.pt3.j = p1.pt2.j+li;
    p1.pt4.i = p1.pt3.i-li;      p1.pt4.j = p1.pt3.j-lj;

    p2.pt1.i = p1.pt4.i-lj;      p2.pt1.j = p1.pt4.j+li;
    p2.pt2.i = p2.pt1.i-lj;      p2.pt2.j = p2.pt1.j+li;
    p2.pt3.i = p2.pt2.i+li;      p2.pt3.j = p2.pt2.j+lj;
    p2.pt4.i = p2.pt3.i+lj;      p2.pt4.j = p2.pt3.j-li;
}

```

【表4】

40

表 1 (その 4)

```

p3.pt1.i = p2.pt4.i+1i;      p3.pt1.j = p2.pt4.j+1j;
p3.pt2.i = p3.pt1.i-1j;      p3.pt2.j = p3.pt1.j+1i;
p3.pt3.i = p3.pt2.i+1i;      p3.pt3.j = p3.pt2.j+1j;
p3.pt4.i = p3.pt3.i+1j;      p3.pt4.j = p3.pt3.j-1i;

p4.pt1.i = p3.pt4.i+1j;      p4.pt1.j = p3.pt4.j-1i;
p4.pt2.i = p4.pt1.i-1i;      p4.pt2.j = p4.pt1.j-1j;
p4.pt3.i = p4.pt2.i+1j;      p4.pt3.j = p4.pt2.j-1i;
p4.pt4.i = p4.pt3.i+1i;      p4.pt4.j = p4.pt3.j+1j;
}

if(l > 1.0)
{ hilbert_propagation(it,&p1);
  hilbert_propagation(it,&p2);
  hilbert_propagation(it,&p3);
  hilbert_propagation(it,&p4); }
else /* termination */
{ store_hilbert_elem(it,&p1);
  store_hilbert_elem(it,&p2);
  store_hilbert_elem(it,&p3);
  store_hilbert_elem(it,&p4);
  return; }
}

main()
{
char name_path[32];
int size;
FILE *fp;
Itile it;

```

【表5】

表 1 (その 5)

```

Hilbert_Elem p;
printf("enter name path under which the Hilbert path will be stored:
");
scanf("%s", name_path);
fp = fopen(name_path, "w");
printf("enter size of square path (in pixels, must be power of 2!!):
");
scanf("%d", &size);
size = 32;
alloc_itile(size*size, 2, &it);
strcpy(it.descr, "hilbert_curve");
it.nr = size*size;
it.nc = 2;
it.min = 0;
it.max = size;
hilbert_initiation(size, &p);
hilbert_propagation(&it, &p);
write_itile(fp, &it);
}

```

【表6】



表 2 (その / )

```

permut_2D(seed,n,a)
  int seed,n,**a;
  {
    int i,*b,c[2],d[2];
    b = (int *) ivector(n*n);
    ran_perturb(seed,n*n,b);
    /* replaces the n x n elements in vector b by a random permutation*/
    c[0]=c[1]=n;
    for(i=0;i<n*n;i++)
      {
        calc_index_from_lin_addr(2,c,b[i],d);
        /* transforms the linear address b[i] into a coordinate pair in
        vector d */
        a[d[0]][d[1]] = i;
      }
    free_ivector(b);
  }

/** RECURSIVE CALCULATION OF 2D ORDER ***/
recurs_order_calc(sd,lv,tp,nb,ib,jb,od)
  int *sd,lv,*tp,nb,ib,jb;
  Itile *od;
  {
    int i,j,**ma,sz,ba;
    sz = tp[lv];
    ma = (int **) imatrix(tp[lv],tp[lv]);
    permut_2D(sd,sz,ma);
    for(i=0,ba=1;i<lv;i++)
      ba *= tp[i];
    if(lv == 0)
      {
        for(i=0;i<sz;i++)
          for(j=0;j<sz;j++)
            {
              od->elem[nb+ma[i][j]*ba*ba][0] = ib+i*ba;
              od->elem[nb+ma[i][j]*ba*ba][1] = jb+j*ba;
            }
        return;
      }
    for(i=0;i<sz;i++)

```

【表7】

表 2 (その 2)

```

    for(j=0; j<sz; j++)
    recurs_order_calc(sd,lv-1,tp,nb+ma[i][j]*ba*ba,ib+i*ba,jb+j*ba,od);
    free_imatrix(sz,ma);
}

main()
{
    char name_path[32];
    int n,seed,level,topol[5]**order;
    int size;
    FILE *fp;
    itile it;

    printf("enter name of path: ");
    scanf("%s",name_path);
    fp = fopen(name_path,"w");
    /* "size" is the size of matrix over which error propagation will
    take place */
    size = 32;
    /* this matrix will be "level" times recursively subdivided into
    subsquares */
    level = 4;
    /* "topol" describes the subsequent size of these submatrices */
    topol[0]=2; topol[1]=2; topol[2]=2; topol[3]=2; topol[4]=2;

    alloc_itile(size*size,2,&it);
    strcpy(it.descr,"cr_path");
    it.nr = size*size;
    it.nc = 2;
    it.min = 0;
    it.max = size;
    seed = -1;
    recurs_order_calc(&seed,level,topol,0,0,0,&it);
    write_itile(fp,&it);
}

```

## 【図面の簡単な説明】

【図1】図1はヒルバート曲線を示す。

【図2】図2はハーフトーン化するためのドット外周対色調値（0＝最小濃度、256＝最大濃度）を示し、画素はヒルバート曲線の順序で処理されている。

【図3】図3はヒルバート曲線が画く順序で画像画素を処理することによって得たハーフトーン化色調スケールを示す。

【図4】図4はこの発明のハーフトーン化法を実施する回路の概略説明図である。

【図5】図5はバンドの画像を処理する回路の概略説明図である。

【図6】図6は無作為化ヒルバート曲線を示す。

40 【図7】図7はハーフトーン化するためのドット外周対色調値（0＝最小濃度、256＝最大濃度）を示し、画素は無作為化ヒルバート曲線の順序で処理されている。

【図8】図8は無作為化ヒルバート曲線が画く順序で画像画素を処理することによって得たハーフトーン化色調スケールを示す。

【図9】図9は画像が再帰的にマトリックスに再分割されたときに画像画素を処理する順序を示す。

50 【図10】図10はハーフトーン化するためのドット外周対色調値（0＝最小濃度、256＝最大濃度）を示し、画素は画像をマトリックスに再帰的に再分割するこ

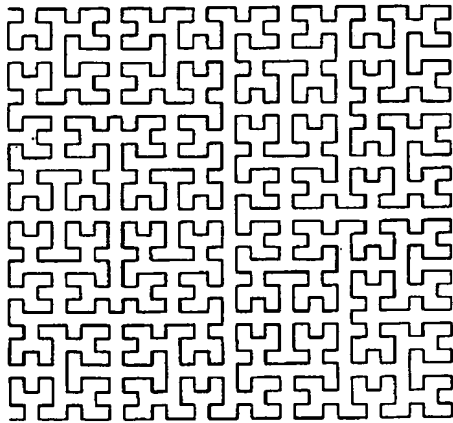
とによって得られた順序で処理されている。

【図11】図11はこの発明のハーフトーン化法を実施する回路の概略説明図であり、少なくとも二つの影像画素の色調値と、それらの対応する再生値との差の重みつき平均値が多数の画素に拡散されている。

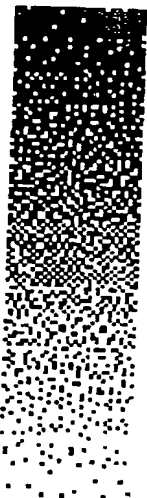
【符号の説明】

- 5 クロック
- 8 画素カウンタ
- 9 モジュロ4・M演算装置
- 10 LUT
- 12 大容量記憶装置

【図1】

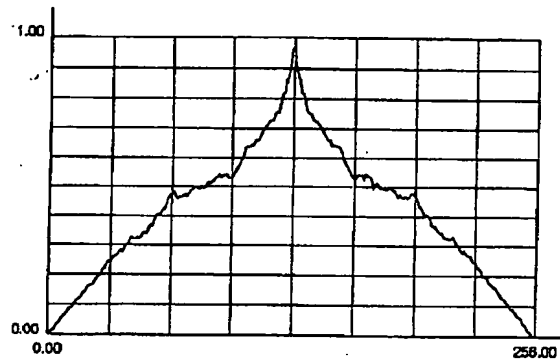


【図3】

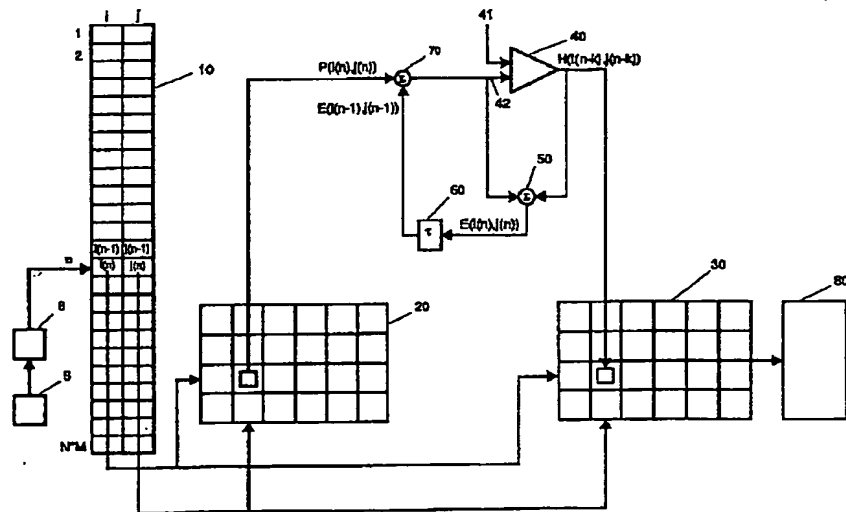


- 13 検出器
- 20 画素値メモリ
- 30 ハーフトーン化画素値メモリ
- 31 セル
- 40 ハーフトーン化装置
- 41 しきい値
- 33, 43 kシフトレジスタ
- 63 1シフトレジスタ
- 60 遅延レジスタ
- 10 50, 65, 70 演算装置
- 80 レコーダ

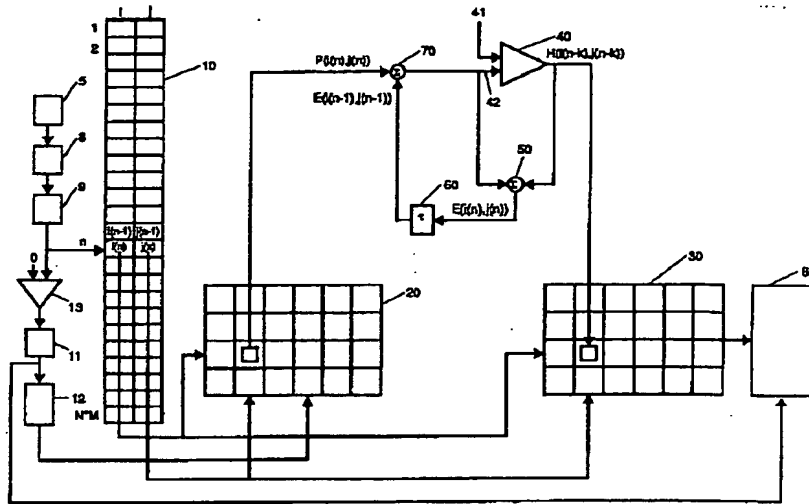
【図2】



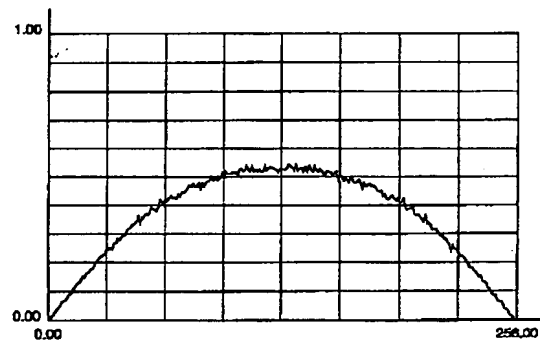
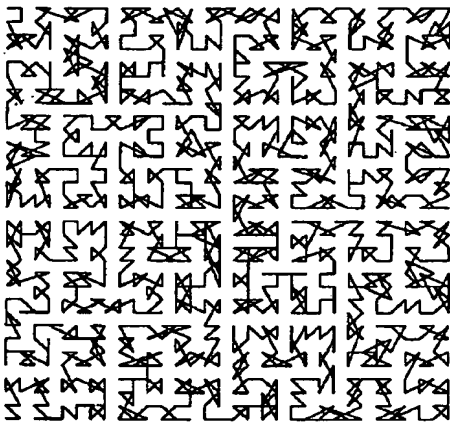
【図4】



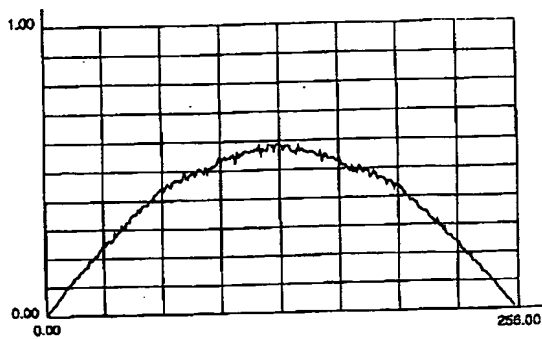
【圖 8】



【图7】



【图 10】



【図9】

